

DEUTSCHE BAUZEITUNG

MITTEILUNGEN ÜBER

ZEMENT, BETON- UND EISENBETONBAU

* * * * *

UNTER MITWIRKUNG * DES VEREINS DEUTSCHER PORTLAND-CEMENT-
* * FABRIKANTEN * UND * DES DEUTSCHEN BETON-VEREINS * *

VII. JAHRGANG 1910.

NO. 22.

Straßenbahn-Viadukt bei Horst-Emscher.

Von Dr.-Ing. Färber, Oberingenieur der Firma Buchheim & Heister in Frankfurt a. M. (Schluß.)

Was die Lage der Gelenke anlangt, so stellt dieses Bauwerk die erste praktische Anwendung meiner Theorie über die richtige Lage der seitlichen Gelenke dar.¹⁾ Wort und Begriff „Kämpfergelenke“ müssen darnach in Wegfall kommen, wenn rationelle Gewölbe entstehen sollen. Der Dreigelenkbogen muß gerade wie der eingespannte Bogen mit vollen Kämpferfugen konstruiert werden, welche im allgemeinen senkrecht zur Drucklinie bei Grundbelastung anzuordnen sind, im vorliegenden Fall aber zur Ermöglichung späterer Hebung in ihre lotrechten und wagrechten Komponenten sich zerlegt finden. Auch ist im vorliegenden Fall eine theoretisch nicht erforderliche Verstärkung der Kämpfer angeordnet worden, um der Wirkung des beim Heben auftretenden Reibungswiderstandes zu begegnen. Abgesehen von diesen Besonderheiten entspricht das Bauwerk genau dem neuen Begriff von einem Bogen mit vollen Kämpferfugen, in dem an ganz bestimmten Stellen seitliche Gelenke eingebaut werden, deren Lage so berechnet wird, daß eine möglichst günstige Materialausnutzung erfolgt, Schub und Gewicht des Bogens möglichst gering und damit die gesamte Konstruktion möglichst billig wird. Als Mittelwert für das Verhältnis der Gelenkspannweite zur Kämpfer-Spannweite habe ich $25/31$ ermittelt²⁾ und darnach im vorliegenden Fall aus der durch die Verhältnisse bedingten Kämpferspannweite (Abstand der Kämpfermitten) von $33,6^m$ die Gelenkspannweite $l = 33,6 \cdot 25/31 = 27^m$ berechnet.

Der so konstruierte Dreigelenkbogen befindet sich in geradezu auffallender Uebereinstimmung mit dem eingespannten Bogen. Die Firma Buchheim & Heister hat sich der mühsamen Aufgabe unterzogen, Zahlenwerte für die Uebergangsmomente der eingespannten Bögen zu berechnen, welche ebenso wie die von mir für Dreigelenkbögen veröffentlichten Zahlen in einer Tabelle gruppiert sind und das Moment an bestimmter Stelle des Bogens im wesentlichen dem Quadrat der Kämpferspannweite proportional erscheinen lassen. Dagegen ist dann die interessante Tatsache, daß die Uebergangsmomente von einem kleinen Betrag im Scheitel zu einem relativen Maximum in etwa $4/10$ der halben Spannweite anschwellen, dann auf ein verschwindend geringes Maß in etwa $8/10$ der halben Spannweite, also ungefähr an der Stelle, wo gegebenenfalls Gelenke einzulegen wären, herabsinken, um dann wieder rasch auf einen absoluten Maximalbetrag in den Kämpfern anzusteigen. Würde man also dem eingespannten Bogen genau die durch die Uebergangsmomente bedingten Abmessungen erteilen, so würde seine Form in vollkommener Uebereinstimmung mit dem Dreigelenkbogen mit richtig angeordneten Seitengelenken eine leichte Einschnürung im Scheitel, dann ein schwaches Anschwellen, dann wieder eine leichte Einschnürung, und endlich ein stärkeres Anschwellen nach den Kämpfern zu aufweisen.

In den Kämpfern häufen sich beim eingespannten Bogen alle ungünstigen Wirkungen: die Uebergangsmomente (im Mittel $\frac{pl^2}{45}$) sind dort größer als beim Dreigelenkbogen, während sie sonst überall wesentlich kleiner sind; die Momente infolge Bogenverkürzung oder Nachgebens der Widerlager erreichen das Vierfache des in den Bruchfugen wirksamen Betrages, und es ist daher kein Wunder,

daß man in vielen Fällen nachteilige Erscheinungen an den Kämpfern beobachtet hat, welche sich allerdings bei richtiger Materialverteilung und Ausführung meist beseitigen lassen. Ich bin aber überzeugt, daß man trotzdem nicht darauf verfallen wäre, in die Kämpferfugen Gelenke einzubauen, wenn man das so überaus charakteristische Diagramm der Uebergangsmomente eingespannter Bögen gekannt hätte, das so deutlich die Stelle anweist, welche von Natur ein Minimum an Biegung erfährt und daher zur Einlage von Gelenken geradezu herausfordert.

Zu den Faktoren, welche eine möglichst günstige Materialausnutzung des Bogens ermöglichen und demgemäß zu bestimmen sind, gehört auch die Zwischenkonstruktion, soweit die Preisverhältnisse freie Hand lassen. Im vorliegenden Fall hätte die Zwischenkonstruktion schwerer gemacht werden müssen, um Eiseneinlagen im Bogen zu vermeiden. Letztere verteuern, abgesehen von ihren unmittelbaren Kosten, auch die Herstellungskosten des Betons recht erheblich, und ihre Vermeidung würde selbst eine geringe Erhöhung der Kosten der Zwischenkonstruktion gerechtfertigt haben. Allein die Eisenbahndirektion Essen verlangte einen Eisenbetonbogen, da ihr ein Stampfbetonbogen nicht sicher genug erschien, und mit Rücksicht darauf hat die ausführende Firma es vorgezogen, die ihr auferlegte Eiseneinlage auch statisch auszunutzen und sich dadurch die Vorteile einer leichten Zwischenkonstruktion zu sichern, welche sich namentlich mit Rücksicht auf die schlechten Untergrund-Verhältnisse angenehm bemerklich machten. Abbildg. 9 a. f. S. zeigt den halben Querschnitt der Zwischenkonstruktion über dem Dreigelenkbogen.

Um den Bestimmungen der Eisenbahndirektion Berlin formell gerecht zu werden, ist der Schotterkasten als Ganzes berechnet, wodurch natürlich leicht das erforderliche Widerstandsmoment erzielt wird. Für die Ausführung habe ich jedoch eine Armierung gewählt, bei welcher die Grundplatte allein die Radlasten der Motorwagen zu tragen vermag; die Biegemomente sind hierbei mit Hilfe der Griot'schen Einflußzahlen ermittelt.

Der Berechnung des Bogens sind Motorwagen von 15^t Gewicht, $2,7^m$ Radstand und 10^m Pufferabstand zugrunde gelegt. Auf den Fußweg-Auskragungen ist überdies Menschengedränge von $150^{\text{kg/qm}}$ angenommen worden, dessen Einfluß ziemlich zurücktritt. Abb. 10, S. 87, zeigt das Schema der angreifenden Eigenlasten G_1 bis G_{16} . Die Reaktionen im linken Seitengelenk ergeben sich aus

$$(5) \quad V_e = \sum_1^{16} G \quad \text{und} \quad (6) \quad H_e = \frac{1}{f} \sum_1^{16} G g.$$

Moment M und Normalkraft N in beliebigen Fugen ergeben sich aus

$$(7) \quad M = + \sum_0^s G g + \sum_0^s H h - s \sum_0^s G - c \sum_0^s H \quad 3)$$

$$(8) \quad N = \cos \alpha \sum_0^s G + \sin \alpha \sum_0^s H \quad 3)$$

Hierbei gelten nach Abbildg. 11 auf S. 86 als positiv:

- a) die Koordinaten s und c der Fugenmittelpunkte;
- b) alle im Sinne der Schwerkraft angreifenden Vertikalkräfte;
- c) alle von links nach rechts gerichteten Horizontalkräfte;
- d) die Fugenwinkel mit der $+s$ -Achse;

¹⁾ Vergl. Färber, Dreigelenkbogenbrücken, 6. Kapitel „Die richtige Lage der Seitengelenke“.

²⁾ S. ebenda S. 62.

³⁾ siehe Seite 86.

e) Biegemomente, welche die äußere Leibung des Bogens belasten.⁴⁾

Mit Hilfe vorstehender Beziehungen berechnen sich in einfachster Weise Moment und Normalkraft aus Eigenlast für jeden Fugenmittelpunkt. Hierzu treten dann Zusatzwerte, welche von der Verkehrslast herrühren. Und zwar sind diejenigen Stellungen der Verkehrslast zu berücksichtigen, welche in den einzelnen Kanten die jeweils größten Beanspruchungen hervorrufen. Diese Stellungen sind für die Fugenkanten a bis m mit Hilfe der Lastscheiben für die jeweiligen Kernpunktmomente ermittelt worden. Abbildung 12 zeigt die hierher gehörige Zusammenstellung. Einige einfache Formeln — deren Ableitung hier zu weit führen würde — gestatten, die zu jeder Laststellung gehörigen Gelenkreaktionen zu berechnen, worauf Moment und Normalkraft nach den obigen Gleichungen (7) und (8) bestimmt werden. Die geschilderte Methode kann bei Dreigelenkbögen in erfolgreichen Wettbewerb mit der Einflußlinienmethode treten, während bei eingespannten Bögen letztere zuerst in Frage kommt.

Die Beanspruchungen schwanken im Grenzfall zwischen 32 und 40 kg/qcm, wobei der Beton als unfähig zur Aufnahme von Zugspannungen vorausgesetzt wurde. In nächster Nähe der Scheitelfuge sinkt die Grenzbeanspruchung bis rd. 20 kg/qcm, weil hier eine Verstärkung über das theoretisch notwendige Maß vorgenommen wurde. In

Kantengegeben sich 530 kg/qcm Eisen-Zugspannung unter der Voraussetzung, daß der Beton keinen Zug aufnehmen kann. Die in derselben Weise wie beim Bogenteil zwischen den Gelenken erfolgte Berechnung der lotrechten Kämpferfuge (Blechfuge) ergab in beiden Kanten nahezu gleiche Beanspruchung,

und zwar eine Höchstspannung von +12 kg/qcm und eine kleinste Beanspruchung von +2 kg/qcm.

Für die Berechnung der seitlichen Gelenke war der flachste und steilste Gelenkdruck zu bestimmen (Laststellung II bzw. I in Abbildung 12). Die Lastscheide hierfür ergibt sich, indem man den Gelenkdruck aus Eigengewicht allein mit der rechtsseitigen Kämpferdrucklinie zum Schnitt bringt. Die Neigung des Seitengelenkes wird dann als Mittel zwischen den beiden äußersten Gelenkdruckrichtungen gewählt; die größte Abweichung des Gelenkdruckes von der Gelenkachse nach beiden Richtungen beträgt $1^\circ 23'$, was rd. 7° Querkraft entspricht. Analog war die größte Scheitelquerkraft zu bestimmen (Laststellung III), während Laststellung IV die absolut größten Gelenkdrücke ergibt, welche rd. 300 t für die ganze Tiefe von 2,2 m oder 100 t auf den Gelenkstuhl betragen. Die Biegebungsbeanspruchungen der gußeisernen Gelenkstühle (vergl. Abb. 6 in No. 21) betragen 275 kg/qcm Zug und 720 kg/qcm Druck.

Die Berechnung der armierten Fundamentplatte des Dreigelenkbogens erfolgte wiederum unter Berücksichtigung der ungünstigsten Laststellungen, sowie der etwaigen Hebung des Bogens. Es ergab sich im Grenzfall an beiden Enden der Platte fast genau 1 kg/qcm Bean-

spruchung. Außerdem war die verhältnismäßig dünne Platte so auszubilden, daß sie den auftretenden Biegemomenten gewachsen war. Letztere wurden unter der Annahme berechnet, daß die Lasten der beiden auf der Platte stehenden Pfeiler und des Widerlagers zum Dreigelenkbogen konzentriert, die Bodenpressung aber linear verteilt wirken würden. Die Beanspruchungen im Beton und Eisen betragen 40 bzw. 1000 kg/qcm. Die Eisenverteilung der Fundamentplatte zeigt Abbildung 8 in No. 21. Die Eiseneinlage im Widerlagerkörper (vergl. Abbildung 4 in No. 21) ist mit Rücksicht auf die etwaige Hebung angeordnet worden. Die Eisensind mit Zementmilch gestrichen, und können dann ohne Nachteile auch in Stampfbeton eingebaut werden. Ebenso verhält es sich mit der Armierung der kleinen Bögen und ihrer Pfeiler, welche mit Rücksicht auf etwaige Hebung angeordnet worden ist. Der Verschiebung der wagrechten Fundamentplatte durch den Horizontalschub des Dreigelenkbogens wirkt nur die Reibung am Boden entgegen. Und zwar schließt sich an die breitere Fundamentplatte unmittelbar eine schmalere an, welche die Pfeiler der kleinen Bögen trägt und bis in die Rampen hereingreift, so daß auch deren Gewicht mit gegen Verschiebung wirkt (Abbildung 8 in No. 21). Die Sicherheit ist demnach eine genügend große, denn es beträgt:

Gesamtlast über der breiten Fundamentplatte	405 t
Anstoßende schmale Platte nebst Ueberbau	495 t
Rampe (auf der kürzeren Gladbecker Seite)	560 t

Gesamtlast 1460 t.

Mithin beträgt der Reibungswiderstand $1460 \cdot 0,45 = 660$ t, gegen 300 t größten Schub, so daß immerhin eine 2,2 fache Sicherheit gegen Verschiebung besteht.

Bemerkenswert ist noch die Konstruktion der Rampen. Wie Abbildung 3 No. 21 zeigt, wird eine Höhe von etwa 3 m äußerlich massiv erscheinender Betonrampen erstiegen. Diese Rampen sind aber in Wirklichkeit als Betonzellen mit rd. 25 cm starken Betonwänden ausgeführt (vergl. Abbildg. 7 in No. 21). Die Querwände haben zur Sicherung des Zusammenhalts einige Rundeisenanker erhalten, während die Längswände nicht weiter armiert sind. Die im Inneren entstandenen Zellen sind mit dem Aushubmaterial gefüllt, und es konnte auf diese Weise jegliche Abfuhr vermieden werden. Den oberen Abschluß der Zellen bildet eine 15 cm starke Betonplatte. Die Rampen sind durch 1 bzw. auf der längeren Seite 2 vollständig durchlaufende Quertüren in Abschnitte geteilt, um Temperaturrisse zu vermeiden. Die angegebene Anordnung, welche in vielen Fällen eine massive Stampfbeton-Konstruktion ersetzen kann, bringt außer der unmittelbaren Ersparnis noch den Vorteil mit sich, daß die in jeder Beziehung am meisten beanspruchte Betonschale aus besserer Mischung hergestellt, also widerstandsfähiger ist, als bei gleichmäßiger Anwendung einer sehr mageren Mischung.

Als Material für die Betonbereitung diente feiner Lippe-Sand, gröberer Quarzsand und Hartgesteinsplitt, welche in einem möglichst Dichtigkeit gewährleistenden Verhältnis zusammengesetzt wurden. Der Verbrauch betrug fast genau 2 t Zuschläge für 1 cbm fertiges Material, eine bei Verwendung von Sand und Kies oder Schotter fast konstante und vom Bindemittel ziemlich unabhängige Zahl. Was letzteres anbelangt, so ist die Güte des Betons unter sonst gleichen Verhältnissen ziemlich proportional der im cbm fertigen Betons enthaltenen Anzahl kg Bindemittel. Letztere Angabe bietet daher den einzig rationellen Anhalt sowohl in technischer als in wirtschaftlicher Beziehung. Es sei noch erwähnt, daß der Dreigelenkbogen 320 kg Zement für 1 cbm⁵⁾, die Auskragung 270 und die Fundamentplatte 180 kg Zement + 100 kg hydraulischen Kalk (Meteor-Extra) enthält. Letzterer hat sich auch bei den Stampfbetonarbeiten sehr gut bewährt.

Das Lehrgerüst der Mittelöffnung ist auf dem Werkplatz der ausführenden Firma genau der analytisch eingerechneten Bogenform entsprechend hergestellt worden. Für Zusammendrückung des Gerüsts wurde der Betrag von 18 mm vorausberechnet, welcher genau sich eingestellt hat. Für Scheitelsenkung infolge Längszusammendrückung des Bogens wurden $0,4\%$ des Radius des durch Scheitel- und Seitengelenk gelegten Kreises⁶⁾ = 16 mm in Rechnung gestellt, von denen etwa 13 mm eingetroffen sind. Dagegen hat sich eine weitere in Rechnung gestellte Scheitelsenkung infolge Ausweichens der Widerlager bzw. Nachgebens des Baugrundes nicht eingestellt, da keine Bewegung des Widerlagers erfolgte. Der Scheitel liegt daher zurzeit um rd. 20 mm höher als die Rechnung annimmt, wird sich jedoch im Winter der richtigen Lage noch mehr nähern.

⁵⁾ In den Kern des Gewölbes sind Bruchsteine eingebettet, welche, falls sorgfältig gereinigt und mit Zement eingeschlemmt, die Festigkeit hier günstig beeinflussen.

⁶⁾ Diese Regel ist namentlich für rasche Ueberschläge ganz gut zu gebrauchen.

⁴⁾ z. S. 85. Näheres über die Methode der rechnerischen Kräftezusammensetzung unter Beziehung der Bauwerke auf Koordinatensysteme (s - und c -Achsen) und die überaus einfache Bildung der Zahlenwerte mittels der Rechenmaschine findet man in „Dreigelenkbogenbrücken“ Seite 132; eine ausführliche Abhandlung über die Bedeutung und Konstruktion der modernen Rechenmaschine habe ich in der Zeitschr. für Werkstattstechnik 1909, Heft 1 und 2 veröffentlicht. Die Rechenmaschine ist tatsächlich berufen, in vieler Beziehung die graphischen Operationen abzulösen; sind die tabellarischen Zusammenstellungen gemacht, so kann die Ermittlung der Produktsomme usw. von untergeordneten Kräften vorgenommen und nachgerechnet werden, während graphostatische Untersuchungen nur von viel kostspieligeren Statikern aufgestellt und geprüft werden können. Die Kraftgrößen selbst müssen im einen wie im anderen Falle rechnerisch ermittelt werden.

⁵⁾ Die Erklärung dieses Begriffes findet sich in „Dreigelenkbogenbrücken“ Seite 35.

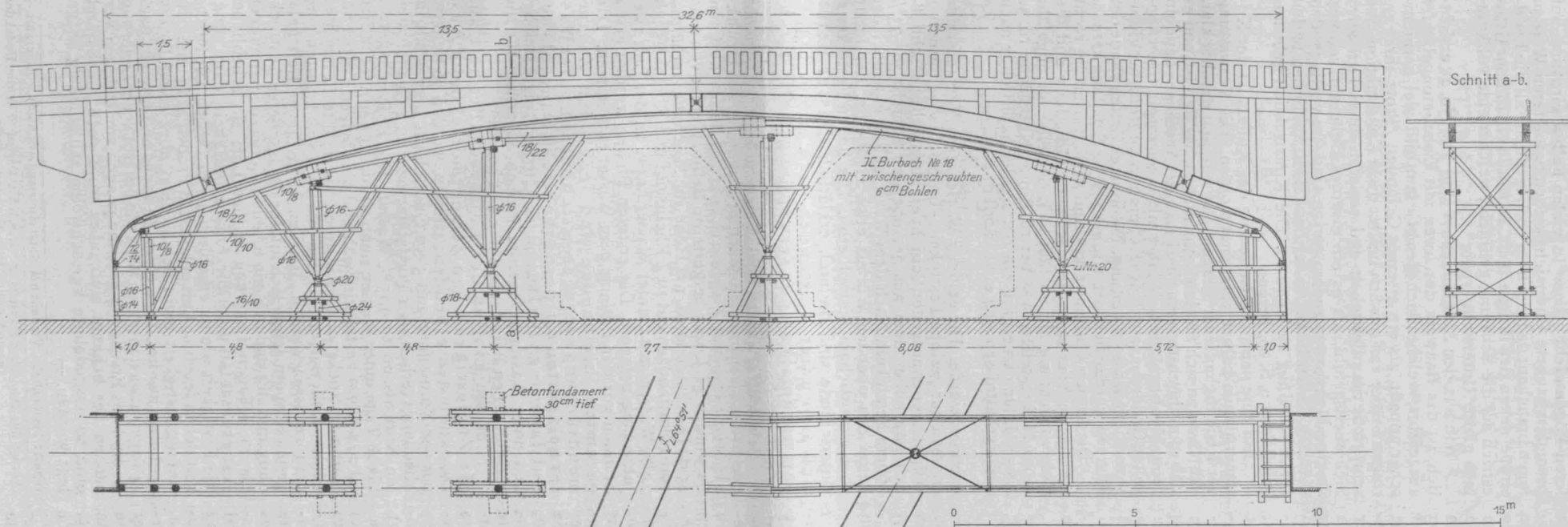


Abbildung 13a-c. Konstruktion des Lehrgerüsts für den Dreigelenkbogen.

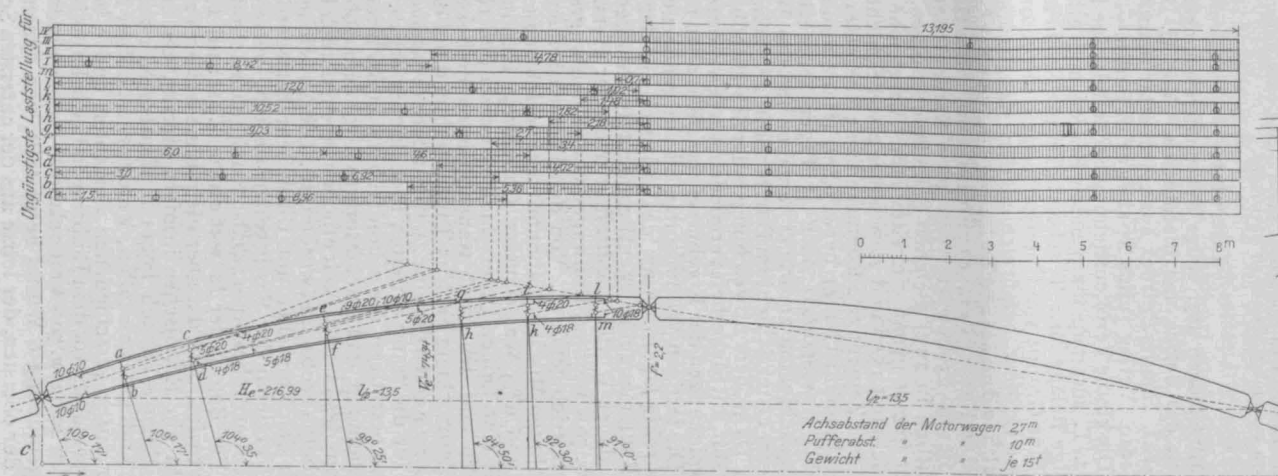


Abbildung 12. Ungünstigste Stellungen der Verkehrslast für die untersuchten Querschnitte.

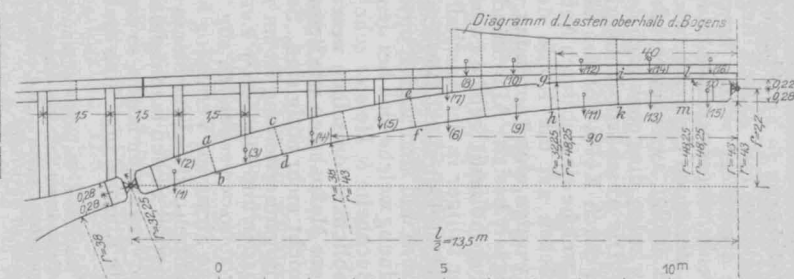


Abbildung 10. Verteilung der auf den Dreigelenk-
Bogen wirkenden Kräfte.

Straßenbahn-Viadukt bei Horst-Emscher.

Es sind zwei Lehrsögen in 2 m Abstand angeordnet worden (vergl. Abbildung 13). Zurzeit liegen nur zwei Bahngleise, welche die Brücke schräg kreuzen, und für welche daher entsprechend verzerrte Lichtraumprofile freizuhalten waren. In der einen Oeffnung ist das mit Hilfe von zwei \square -Eisen erfolgt, zwischen welche 6 cm starke Bohlen geschraubt wurden, die genau nach der Bogenform geschnitten waren. Die Absenkvorrichtung war bei den äußersten Ständern durch Keile, bei den übrigen durch Sandtöpfe gebildet, welche einfach durch Aufschieben von Mannesmannrohrstücken auf die Köpfe der tragenden Stempel hergestellt wurden, eine Anordnung, welche große seitliche Standfestigkeit besitzt. Alle Ständer und Streben bestehen aus Rundhölzern, welche zwar etwas teurer zu verarbeiten, aber billiger in der Anschaffung und von zuverlässigerer Tragfähigkeit sind. Die Kranzhölzer bestehen aus Kanthölzern und sind zugfest miteinander verbunden, eine Anordnung welche sich bei den neueren Gerüsten der Firma Buchheim & Heister sehr gut bewährt, und die Unverschieblichkeit derselben wesentlich erhöht hat, so daß besondere Maßnahmen wie Betonieren in Lamellen und dergl. nicht mehr nötig sind. Selbst eine genau symmetrische Bogenherstellung ist im vorliegenden Fall ohne jeden Schaden unterblieben.⁷⁾ Zur Einschalung wurden Kanthölzer 10/10 cm verwendet, sog. Rahmen, wie sie jede einschlägige Firma zur Verfügung hat. Da diese Hölzer nicht verschnitten und nicht nennenswert abgenützt werden und sich überdies zu den mannigfaltigsten sonstigen Zwecken wieder verwenden lassen, so ergeben sie tatsächlich die billigste Einschalung. Man muß jedoch ihre

⁷⁾ Anmerkung der Redaktion. Es dürfte sich nicht empfehlen, die Erfahrungen, die hier in besonderem Maße bei schmaler Brücke mit kleinen Betonmengen im Querschnitt gemacht sind, ohne Weiteres auf breite Brücken mit großen Massen zu übertragen.

Literatur.

Mitteilungen über einige Nebenuntersuchungen auf dem Gebiete des Betons und Eisenbetons. Von C. Bach und O. Graf. Sonderabdruck aus „Armiertes Beton“. Heft 7, Juli 1910. Verlag Julius Springer in Berlin. —

Die kleine Veröffentlichung behandelt eine Reihe von nur z. T. zusammenhängenden Fragen und gibt zahlenmäßige Beläge für z. T. schon bekannte Erscheinungen.

Eine Gruppe von Untersuchungen, die besonderes Interesse verdient, befaßt sich mit dem Einfluß, den eine verschiedenartige Behandlung der Probekörper auf die Festigkeitsergebnisse hat. Die Herstellung der Beton-Probewürfel von 30 cm Kantenlänge soll bekanntlich in zwei gleichen Schichten erfolgen, was sich nicht immer genau einhalten läßt. Vergleiche zwischen Würfeln mit 15 cm und 20 cm hoher erster Schicht eines Betons in 1 Zement zu 2 Rheinsand zu 3 Rheinkies und 7,8% (Maschinenmischung) bzw. 6,8% (Handmischung, erdfeucht) Wasserzusatz nach 45 Tagen senkrecht zu den Stampfschichten zerdrückt, ergaben für die Würfel mit höherer erster Schicht im Durchschnitt 4% höhere Festigkeit. Da größere Abweichungen der Schichthöhen, als hier gewählt, mit Sicherheit vermieden werden können, sind die Abweichungen der Ergebnisse also nicht allzu bedeutend.

Die fertigen Würfel sollen bis zur genügenden Erhärtung ruhig lagern. Auch das läßt sich auf der Baustelle bei Raummangel gelegentlich nicht durchführen. Es wurden daher Würfel unmittelbar nach der Herstellung 40 bzw. 70 m weit auf Rollwagen über einen wagrechten Zementestrich gefahren. Von den Versuchsreihen der oben erwähnten Mischung, aber mit drei verschiedenen Zementen und 9% Wasserzusatz (durchweg Handmischung), zeigt eine keinen Unterschied zwischen den ruhig gelagerten und den frisch transportierten Probekörpern bei der Zerdrückung nach 45 Tagen, während bei den beiden anderen Reihen die eine 24, die andere 14% höhere Festigkeit für die transportierten Probekörper ergab. Die Versuche bestätigen die schon früher von Bach festgestellte Erscheinung, daß Erschütterungen vor dem Abbinden des Betons dessen Festigkeit erhöhen (wie das auch bei Transportbeton beobachtet worden ist). Die Abweichungen sind nach den Versuchen unt. Umst. sehr beträchtlich, sodaß ein Vergleich der Festigkeiten derartig verschieden behandelter Probekörper zu falschen Ergebnissen führen kann.

Für Beton, der in weichem Zustand transportiert wird, trifft das aber nicht ohne weiteres zu, da hier leicht ein Entmischen insofern eintritt, als die oberen Schichten erheblich höheren Wassergehalt zeigen. Um den Einfluß festzustellen, wurde Beton obiger Mischung, aber mit 3 verschiedenen Zementen und 9 bzw. 9,5% Wasserzusatz vor dem Einbringen in die Form in Muldenwagen 40 bzw. 70 m weit gefahren. Dann wurden aus einer Wagenfüllung 6 Würfel hergestellt, von denen der erste aus der obersten, der letzte aus der untersten Schicht ent-

nommen wurde. Die ersten 3 Würfel jeder Versuchsreihe ergaben nur geringe Festigkeits-Unterschiede, für den 6. Würfel aus der untersten Schicht ergab sich aber schließlich gegenüber dem aus der obersten Schicht 30—73% höhere Festigkeit. Nach dem Wassergehalt entsprach der Beton des obersten Würfels etwa Gußbeton, der letzte aber eigentlichem Stampfbeton. Die hohen Festigkeits-Unterschiede sind dadurch erklärlich. Nasser Beton muß also unter Umständen nach einem Transport nochmals an der Verwendungsstelle durchgemischt werden.

Schließlich wurden noch Versuche angestellt, welche den Einfluß verschieden feuchter Lagerung auf Druckelastizität bzw. Zugfestigkeit des Betons ausüben. Es wurden 4 i. J. 1907 hergestellte Betonzylinder von rund 25 cm Durchm. und rd. 1 m Höhe im Mischungsverhältnis von 1 Portlandzement zu 4 Rheinsand und Rheinkies mit 7,9% Wasserzusatz, unter Wasser bzw. an der Luft zwei Jahre lang gelagert. Die ersteren Proben wurden erst 4 Stunden vor der Prüfung dem Wasser entnommen. Die gesamten, bleibenden und federnden Zusammendrückungen erwiesen sich bei den unter Wasser gelagerten Körpern erheblich kleiner als bei Luftlagerung. Der Dehnungskoeffizient zeigte sich bei den unter Wasser gelagerten Proben außerdem für die verschiedenen Belastungsstufen fast konstant.

Um den Einfluß der Luftbeschaffenheit auf die Zugfestigkeit von Zementmörtel beim Austrocknen desselben festzustellen, wurden 76 Zugkörper der Normalform mit 5 qcm Querschnitt hergestellt im Mischungsverhältnis 1 Portlandzement zu 3 Gewichtsteilen Normalsand zu 9,25% Wasser. Die Proben lagerten bis 28 Tage unter Wasser, dann wurden 4 geprüft (im Mittel 29,2 kg/qcm Festigkeit), während die übrigen Körper zur Hälfte in trockener und warmer, zur Hälfte in feuchter, kühler Kellerluft 4 Stunden bis 14 Tage lagerten und dann zerrissen wurden. Bei den in trockener Luft gelagerten Körpern zeigte sich infolge der rascheren Austrocknung und der dadurch entstehenden inneren Spannungen bis zu 2 Tagen Lagerung an der Luft ein erheblicher Festigkeitsabfall unter die Anfangsfestigkeit, dann steigt die Festigkeit wieder erheblich bis 46,9 kg/qcm. Die Festigkeit der in feuchter Luft gelagerten Proben ging unter die Anfangsfestigkeit nicht herab, zeigt aber ebenfalls erst nach dem zweiten Tage einen Zuwachs und erreicht nach 14 Tagen etwa denselben Wert wie bei trockener Lagerung. Es sind das Erscheinungen, die ja auch von früheren Versuchen her bekannt sind, aber wohl noch nicht durch eine so ausgedehnte Versuchsreihe zahlenmäßig festgelegt wurden. —

Die Kosten des Bauwerkes sind verhältnismäßig recht niedrig; rechnet man die erschwerte Gründung und die Hebevorrichtung ab, so läßt sich dasselbe für ungefähr 45 000 M. herstellen, was bei rd. 840 qm Nutzfläche rd. 50 bis 53 M. für 1 qm ergibt, ein Betrag, der natürlich je nach den Verhältnissen sich etwas ändern wird. —

Inhalt: Straßenbahn-Viadukt bei Horst-Emscher. (Schluß). — Literatur. —

Verlag der Deutschen Bauzeitung, G. m. b. H., Berlin. Für die Redaktion verantwortlich Fritz Eiselen, Berlin. Buchdruckerei Gustav Schenck Nachflg., P. M. Weber, Berlin.